

**ÜBER DIE INFEKTIONSMÖGLICHKEIT
BEI ANWENDUNG VON LUFTGETRIEBENEN
SCHNELLSTLAUFGERÄTEN**

Doris Galster

Böblingen 1962

Aus der Konservierenden Abteilung
(Leiter: Professor Dr. J. Kluczka)
der Klinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor: Professor Dr. Dr. M. Herrmann)
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

"
ÜBER DIE INFEKTIONSMÖGLICHKEIT
BEI ANWENDUNG VON LUFTGETRIEBENEN
"
SCHNELLSTLAUFGERÄTEN

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
einer
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Johannes Gutenberg-Universität
zu Mainz

vorgelegt von
Doris Galster
geb. Nickel
aus
Böblingen
1962



Dekan: Professor Dr. Bredt

Referent: Professor Dr. J. Kluczka

INHALT

	<u>Seite</u>
I. Einleitung	1
II. Ka-Vo Borden-Airotor und Sirona-Turbine	3
III. Staubmessmethode	6
IV. Phantomversuche	11
V. Ergebnis der Staubmessungen	12
VI. Infektionsgefährdung des Zahnarztes durch Mikroorganismen bei Anwendung des Turbinen- gerätes?	23
VII. Methodik	26
VIII. Zusammenfassung der Ergebnisse	35
Literaturverzeichnis	42

Digitized by the Internet Archive
in 2026

I. EINLEITUNG

Die Entwicklung des Turbinengerätes bedeutet für die zahnärztliche Tätigkeit einen beachtenswerten Fortschritt. Dennoch gibt es Stimmen, die diesem Gerät uneingeschränktes Lob versagen und in der Vernachlässigung der primitivsten hygienischen Prinzipien den grossen Nachteil sehen. So lauten die Kardinalforderungen: Besserer Schutz der Gesundheit des Patienten durch Sterilisation von Hand- und Winkelstück und zum anderen besserer Schutz für den Zahnarzt, weil der Behandler durch die technischen Eigenheiten der Turbine einer Infektionsgefahr ausgesetzt sei. (1)

Die hohe Tourenzahl und die damit verbundene Wärmeentwicklung brachte - um Schäden für Zahnsubstanzen und Pulpa zu vermeiden - eine besondere Kühlanlage in Form des Wassersprays mit sich. Der auf den rotierenden Bohrer auftreffende Wasserstrahl erzeugt nun einen solchen Spraynebel, dass während des Bohrvorganges ständig eine Spraywolke aus dem Mund des Patienten geschleudert wird, die den Zahnarzt je nach Arbeitsweise in einem bestimmten Ausmass trifft. Mit den Wassertröpfchen werden Schmelz- und Dentinsplitterchen, Füllungsteilchen, kariöses Material und Speicheltröpfchen herausgeworfen.

Es lässt sich vorstellen, dass diesem Material Keime anhaften, seien es nun solche, die schon normaler Weise in der Mundhöhle vorkommen oder seien es pathogene. Die Menge der Staub- und Sprayteilchen, sowie der Nachweis der Mikroorganismen dürften einen Hinweis geben, in wiefern der Zahnarzt einer möglichen Infektionsgefahr ausgesetzt ist. Die nachfolgenden Untersuchungen sollen darüber Aufschluss geben.

In ähnlich gerichteten Untersuchungen von J. Albrecht, P. Rieth und E.v. Wasielewski (2) wurde nachgewiesen, dass z.B. der Luftrückstoss des Nondolargerätes nicht in der Lage ist, die Atemluft des behandelnden Zahnarztes zu infizieren.

Dagegen ergaben die von den gleichen Autoren durchgeführten bakteriologischen Untersuchungen des auf Nährbodenplatten aufgefundenen Bohrstaubes je nach Staubmenge, der Lage der Bohrstelle und abhängig von Stärke und Dauer des Luftstromes mit dem die Kavität gereinigt wurde, Schwankungen in der Gesamtkeimzahl zwischen 6 und 400 Kolonien pro Platte. Trotzdem sieht einer der Autoren keine Gefahr für Patienten und Zahnarzt bei Einatmung von natürlichen Zahnbestandteilen in Staubform, obwohl ein Teil des Staubes grössenmässig in die untersten Lungenabschnitte gelangen könnte. (3)

Ebenso dürften kieselsäurehaltige Bohrbestandteile nach Konzentration, Einwirkungsdauer, Art und Intensität der Staubarbeit für den Zahnarzt keine Schädigung im Sinne der Pneumokoniose bedeuten.

Während also beim Gebrauch des Luftstromes praktisch keine Gefährdung eintritt, verhält es sich bei der Anwendung eines Sprays so, dass ein stark keimhaltiges Aerosol aus der Mundhöhle zurückgeworfen wird. Dafür macht Rieth in erster Linie die unterschiedliche Einwirkungsweise eines Luftstromes und eines Wassersprays auf die Mikroorganismen verantwortlich. Der Feuchtigkeitssentzug durch den Luftstrom lässt die Keime auf der Schleimhaut anhaften, zumal Luftstrom und Geschwindigkeit nicht so hoch sind. Dagegen wäscht ein mit genügendem Druck applizierter Wasserspray die Mikroorganismen von der Schleimhaut und aus den Prädispositionsstellen, sodass sie mit dem Spraynebel aus der Mundhöhle herausgeschleudert werden. (4)

II. KA-VO BORDEN-AIROTOR UND SIRONA-TURBINE

Zur Kavitätenpräparation standen mir die beiden obengenannten Geräte zur Verfügung. Es sind durch Pressluft angetriebene Schnellstlaufergeräte. Bei diesen Apparaten befindet sich die Turbine im Kopf des Winkelstückes; sie hat das Bohrerspannfutter im Zentrum des Rotors. Zum Antrieb dieser Geräte ist ein Kompressor erforderlich. Er muss in der Lage sein, einen gleichbleibenden Luftdruck von 1,0 - 2,5 atü bei einer Luftmenge von etwa 18 - 35 l/min. zu liefern. Bei dem Borden-Airotor ist nun ein Rotationskompressor in der Einheit eingebaut, der nur beim Einschalten der Turbine läuft. Die Sirona-Turbine bedient sich eines Tankkompressors, der bei entsprechender Leistung aber noch eine weitere Turbine oder eine Einheit mit Pressluft versorgen kann. Die Geräte werden über einen Fusskontakt eingeschaltet. Der Borden-Airotor ist mit einer Fusswippe ausgestattet, die es erlaubt das Gerät mit oder ohne Wasserspray laufen zu lassen. Der Schalter für die Sirona-Turbine wird zusätzlich am Fusschalter der Elektro-Bohrmaschine angebracht.

Neben dem Kompressor bestehen die Schnellstlaufergeräte aus einem Kontroll- und Regelorgan und aus dem eigentliche Turbinenhandstück. In dem Kontroll- und Regelorgan wird die vom Kompressor gelieferte Luft, die dort schon durch Wasserabscheider vorgefiltert wurde, zu einem Reduzierventil geführt. Dieses Ventil ermöglicht die Einstellung des gewünschten Betriebsdruckes. Darauf strömt die Luft über Feinstfilter mit Wasserabscheider zu einem Magnetventil, das durch den Fusskontakt gesteuert wird.

Die Luft wird nun über einen Oelvernebler geleitet, es wird ihr hier also Oel in feinsten Form zugeführt. Beim Borden-Airotor ist das Oel pflanzlicher Herkunft, bei der Sirona-Turbine physiologisch neutral, frei von Verharzungen und emulgierbar.

Die mehrmals gefilterte und mit Oel versetzte Luft wird dann dem Turbinenhandstück und dem Rotor der Turbine über einen Schlauch zugeführt. Das Oel bewirkt die ständige Schmierung der Kugellager im Rotor. Während die Antriebsluft beim Borden-Airotor zum Teil aus mehreren Löchern oben am Winkelstück-Kopf herausströmt, wird bei der Sirona-Turbine ein Grossteil der Luft wieder in den Regelkasten zurückgeleitet. (5)

Die mit dem Spirometer vorgenommenen Messungen ergaben eine in den Mund des Patienten gelangende Luftmenge von 20,14 l/min beim Borden-Airotor, dagegen bei der Sirona-Turbine 8,45 l/min.

Die Wasserzufuhr für die Spraykühlung wird ebenfalls vom Kontrollgerät gleichmässig gesteuert. Die Spraystärke lässt sich beim Borden-Airotor durch ein am Bohrschlauch befindliches Ventil regulieren. Der Spray wird unmittelbar auf den Bohrer geleitet. Durch die Rotation des Bohrers bei gleichzeitigem Ausströmen der Luft wird das Wasser zu einem Sprühnebel zerstäubt. (Abb. 1)

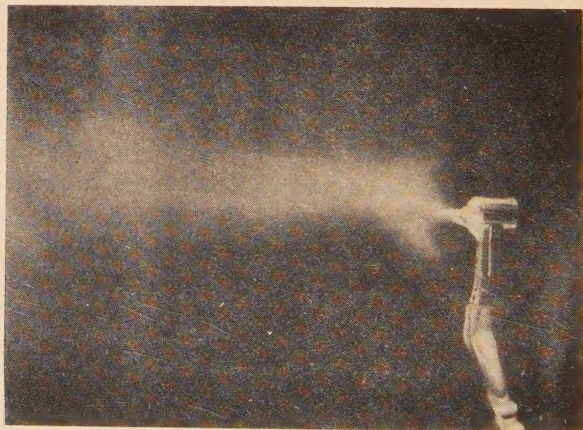


Abb. 1. Spray des Borden-Airotors.

Das im Rotor sitzende Bohrspannfutter besteht beim Borden-Airotor aus Kunststoff, während die Sirona-Turbine ein fest eingebautes Metallspannfutter hat. Das Plastikspannfutter muss von Zeit zu Zeit erneuert werden und ist auf die klassischen Sterilisationsverfahren sterilisationsempfindlich.

Im Leerlauf erreichten die Turbinengeräte bei voller Öffnung des Reduzierventils 300 000 U/min.

Bei der Behandlung sinken die Umdrehungen pro Minute dem jeweiligen Druck entsprechend bis etwa 200 000 U/min ab. (5)

Die Turbinenhandstücke wurden nach dem Sterivit-Verfahren sterilisiert. Eine einwandfreie Sterilisation und Desinfektion wird nach diesem Verfahren gewährleistet, wie es die Untersuchungen von Kluczka und Gewalt zeigen. (6)

Der zur Kavitätenpräparation verwendete Schleifkörpersatz

bestand aus: 1 Diamant, umgekehrt kegelförmig

1 Diamant, kugelförmig

1 Diamant, konisch

1 Fissurenbohrer Nr. 3

1 Rosenbohrer Nr. 4

Zur Kühlung wurde destilliertes Wasser von Zimmertemperatur verwendet.

III. STAUBMESSMETHODE

Zur Staubmessung stehen uns verschiedene Apparate zur Verfügung, sei es nun der Thermalpräzipitator, Midget-Impinger, die optischen Staubmessgeräte wie das Tyndallometer, die gravimetrischen Messgeräte und Filter oder das Konimeter HS (7) (8)

Zur Bestimmung des beim Bohr- und Schleifprozess anfallenden Feinstaubes und Spraymaterials ist das Konimeter-Verfahren das geeignete. Es ermöglicht fortlaufende Messungen diesbezüglicher Konzentrationen, wobei es sich um Augenblickswerte handelt. (4)

Die Wirkungsweise des Konimeters HS, siehe Abbildung 2, ist folgende:

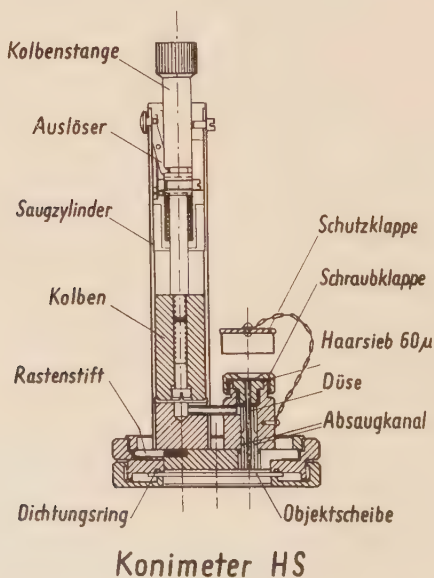


Abb. 2. Konimeter HS.

Eine kleine Pumpe saugt ein genau definiertes Luftvolumen mit hoher Geschwindigkeit durch eine Düse. Dieser Luftstrahl trifft senkrecht auf eine drehbare Objektscheibe, die 36 Proben aufnehmen kann und mit einem Haftmittel präpariert werden muss. Die angesaugten Staubeilchen können nun infolge ihrer Trägheit die plötzliche Richtungsänderung des Luftstromes nicht mitmachen, werden gegen die präparierte Wand geschleudert und bleiben dort haften. Ein eingebautes Mikroskop mit einer Vergrößerung von 1:25 ermöglicht dann das Auszählen der Teilchen, welches sich mit Hilfe eines im Okular eingebauten Netzmikrometers einfach durchführen lässt. Nach Angabe der Hersteller soll der Fehler unter $\pm 12\%$ liegen.

Die Glasplatte wurde zur Probenaufnahme nach sorgfältigster Säuberung mit etwa 1 cm^3 2%iger Vaseline-Xylol-Lösung beschickt. Nach Verdunstung des Xylols wurde dieser Vorgang wiederholt. Es blieb dann auf der Platte eine für die Staubaufnahme genügend dicke Vaselineschicht zurück. Das Ueberprüfen der Platte auf Staubreinheit unter dem Mikroskop - mit Dunkelfeld - ergab sich als notwendig, da man sich diesbezüglich nicht auf das blosse Auge verlassen konnte.

Während der Behandlung mit der Turbine wurde das Konimeter von einer Assistenz so gehalten, dass sich Mikroskopstutzen und Saugzylinder in Mundhöhe des Patienten und die Düsenöffnung in Mundnähe des Zahnarztes befanden.

Das Ausgangsvolumen betrug 5 cm^3 .

Zunächst wurden 3, später 5 Staubproben in etwa 3 Minuten gewonnen. Diese Anzahl gibt brauchbare Werte für den mittleren Staubgehalt.

Mit Hilfe des Dunkelfeldkondensors ist mir das Auszählen wesentlich leichter gefallen. Ich halte diese Methode hinsichtlich der Genauigkeit für die bessere. Ausserdem ermöglicht diese Zählweise die Erfassung auch der kleinsten Teilchen. Die Abbildungen 3 - 6 zeigen die Teilchen in 200-facher Vergrößerung.



Abb. 3. Probe aus Versuchssreihe 1.
(Borden-Airotor, Zahnsbst.)



Abb. 4. Probe aus Versuchssreihe 1.
(Borden-Airotor, Füllmat.)

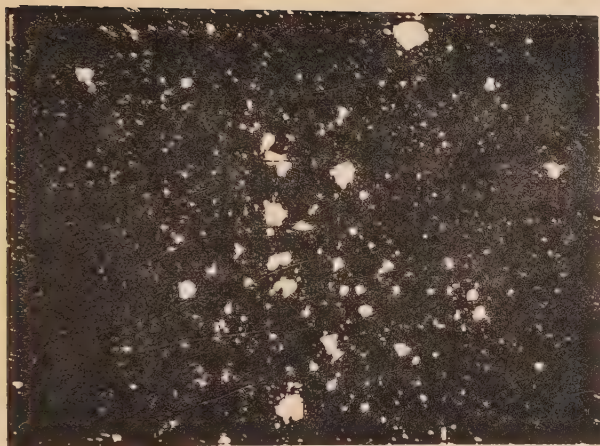


Abb. 5. Probe aus Versuchsreihe 3.
(Siemens-Turbine, Füllmat.)



Abb. 6. Probe aus Versuchsreihe 2.
(Phantomversuch, Zahnsbst.)

Zeigte sich der Stauffleck unter dem Mikroskop in konzentrischer Verteilung und lag die Zahl der Teilchen schätzungsweise über $200 - 250 \text{ T/cm}^3$, so habe ich die auf dem Mikrometernetz befindlichen 2 Sektoren zu je 18° ausgezählt. Multipliziert man die gewonnene Zahl mit 10, so erhält man die Gesamtteilchenzahl. Nach Division der Gesamtteilchenzahl durch das Hubvolumen = 5 cm^3 ergibt sich dann die Teilchenzahl pro cm^3 der angesaugten Luft. War der Stauffleck dagegen ungleichmässig oder lag die Teilchenzahl unter $200 - 250 \text{ T/cm}^3$, so habe ich alle ins Mikrometernetz fallende Stäubchen ausgezählt.

Die von der Fabrik mitgelieferte Vergleichstabelle, an Hand der man das Mikroskopbild bezüglich der Teilchenzahl abschätzen können soll, erwies sich bei mir als unbrauchbar, da die Fehler das übliche Maß weit überschritten.

IV. PHANTOMVERSUCHE

Das Staubprobenmaterial, das während der Behandlung von Patienten gewonnen wurde, ist noch durch "Phantom"-Staubproben erweitert worden. Letztere sollen zeigen, ob sich die Staubmessungen reproduzieren lassen. Dazu wurden frisch extrahierte Zähne mit Amalgam-, Silikat- und Zementfüllungen und Karies zu einem oberen und unteren Zahnbogen in einem Phantomkopf aufgestellt. Mit Hilfe von Kofferdam wurde die Grösse der Mundöffnung am Phantomkopf der eines Menschen nachgeahmt. Ausserdem ist in diesem Fall das Konimeter an einem Stativ befestigt worden und zwar so, dass die Düsenöffnung von dem Phantommund 40 cm entfernt war und sich in der Mundhöhe des Behandlers befand. Zur Kavitätenpräparation stand diesem Versuch ein neues Handstück mit 2 Düsen für den Borden-Airotor zur Verfügung.

V. ERGEBNIS DER STAUBMESSUNGEN

Bei 106 Patienten wurden während der Behandlung mit der Turbine Staubproben gewonnen und zwar je 3 bzw. 5 bei dem einzelnen Patienten. Von diesen 106 Patienten wurden 84 mit dem Borden-Airotor und 22 mit der Siemens-Turbine versorgt. Ausserdem sind an 56 extrahierten Zähnen (Phantomkopf) je 5 Staubproben erhalten worden. Es wurde sitzend behandelt und die Auffangdüse des Staubmessgerätes befand sich in der Mundhöhe des Behandelnden, was einen durchschnittlichen Abstand von 35 - 40 cm vom Mund des Patienten bedeutet.

Die Anzahl der Staub- und Sprayteilchen bewegte sich zwischen 20 - 2 000 T/cm³ Luft bei 5 cm³ angesaugter Luft.

Die folgenden Tabellen zeigen in welchen Grössenordnungen und -verteilungen sich die Anzahl der Teilchen in den einzelnen Versuchsreihen bewegen.

Schon rein subjektiv fiel mir beim Behandeln auf, dass es nicht gleichgültig war, in welchem Kieferbereich man arbeitete, d.h. dass man z.B. bei den Kavitätenpräparationen an Frontzähnen mehr von den herausgeschleuderten Teilchen getroffen wurde.

Wenn nun tatsächlich beim Präparieren der Zähne in verschiedenen Kieferhälften oder -seiten unterschiedliche Staubmengen anfallen, kann man das Ergebnis beeinflussen, wenn man wahllos eine Anzahl Staubproben herausgreift, um damit eine mittlere Staubdichte anzugeben. Hat man etwa zufällig eine Auswahl getroffen, in der sich mehr Staubproben von Frontzähnen befinden und nimmt dann noch eine dazu, in der sich hauptsächlich Proben von Molaren und Prämolaren befinden oder Zähne aus allen Kieferbereichen, so wird die mittlere Staubdichte sehr unterschiedliche Zahlen ergeben, mit denen man praktisch aber nichts erreicht, da sie keine Vergleichsmöglichkeit bieten.

Tabelle 1

T/cm ³ bei 5 cm ³ Hub	Borden-Airotor		Siemes-Turbine		Phantomversuch	
	1. V.-Reihe 8 - 41	%	1. V.-Reihe 8 - 41	%	1. V.-Reihe 8 - 41	%
50	6	6	1	3	-	-
100	32	35	13	37	-	-
150	10	11	3	8,5	-	-
250	32	35	4	11	2	5
350	11	12	4	11	12	30
500	1	1	3	8,5	15	37
1000	-	-	7	20	11	27
2000	-	-	-	-	-	-
	92	100	35	100	40	100

Tabelle 2

T/cm ³ bei  cm ³ Hub	Borden-Airotor		Siemens-Turbine		Phantomversuch	
	2. V.-Reihe 3-1-2	%	2. V.-Reihe 3-1-2	%	2. V.-Reihe 3-1-2	%
50	-	-	-	-	-	-
100	3	18	2	10	-	-
150	7	41	4	20	-	-
250	4	23	1	5	-	-
350	3	18	3	15	1	2
500	-	-	5	25	29	48
1000	-	-	4	20	30	50
2000	-	-	-	-	-	-
	17	100	20	100	60	100

Tabelle 3

τ / cm^3 bei 5 cm^3 Hub	Borden-Airotor		Siemens-Turbine		Phantomversuch	
	3. V. -Reihe	%	3. V -Reihe	%	3. V. -Reihe	%
	$\frac{4-8}{4-8}$		$\frac{4-8}{4-8}$		$\frac{4-8}{4-8}$	
50	-	-	-	-	-	-
100	3	13	6	24	-	-
150	8	13	4	16	-	-
250	26	44	-	-	-	-
350	13	22	-	-	2	5
500	4	7	-	-	10	25
1000	-	-	14	56	27	67,5
2000	-	-	1	4	1	2,5
	59	100	25	100	40	100

Tabelle 4

T/cm ³ bei 5 cm ³ Hub	Borden-Airotor		Siemens-Turbine		Phantomversuch	
	4. V -Reihe 8 - 41	3	4. V. Reihe 8 - 41	3	4. V. Reihe 8 - 41	3
50	4	9	2	3	-	-
100	13	29	4	16	-	-
150	7	15	1	4	-	-
250	14	31	2	3	6	15
350	3	7	4	16	10	25
500	1	2	2	3	12	30
1000	3	7	6	24	6	15
2000	-	-	4	16	6	15
	45	100	25	100	40	100

Tabelle 5

- 17 -

T/cm ³ bei 5 cm ³ Hub	Borden-Airotor		Siemens-Turbine		Phantomversuch	
	5. V.-Reihe $\frac{3.1-3}{3}$	%	5. V.-Reihe $\frac{3.1-3}{3}$	%	5. V.-Reihe $\frac{3.1-3}{3}$	%
50	-	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	26	43
350	-	-	-	-	26	43
500	-	-	-	-	7	12
1000	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	1	2
		-		-	60	100

Tabelle 6

T/cm ³ bei 5 cm ³ Hub	Borden-Airotor		Siemens-Turbine		Phantomversuch	
	6. V.-Reihe 4 - 3	%	6. V.-Reihe 4 - 3	%	6. V.-Reihe 4 - 3	%
50	3	4	-	-	-	-
100	19	23	1	7	-	-
150	18	27	4	27	-	-
250	15	22	5	33	7	17,5
350	7	10	-	-	7	17,5
500	2	3	-	-	12	30
1000	3	4	3	20	13	32,5
2000	-	-	2	13	1	2,5
	67	98	15	100	40	100

Aus diesem Grund wurden die Versuchsreihen auf den Tabellen so zusammengestellt, dass jeder Kieferabschnitt eine Reihe bekommt und zwar in der folgenden Reihenfolge:

$$\begin{array}{lll} 1.) \frac{8-4}{8-4}, & 2.) \frac{3-}{3-}, & 3.) \frac{4-8}{4-8} \\ 4.) \frac{8-4}{8-4}, & 5.) \frac{3-}{3-}, & 6.) \frac{4-8}{4-8}. \end{array}$$

Im Ganzen sind es 6 Versuchsreihen, wobei in jeder Reihe die vom Borden-Airotor, der Sirona-Turbine und dem Phantomversuch erhaltenen Proben gegenübergestellt wurden.

Versuchsreihe 5 tritt nur beim Phantomversuch in Erscheinung, da zum Vergleich ausreichendes Material am Patienten nicht gewonnen werden konnte.

Die mittleren Dichten des unmittelbar einwirkenden Bohr- und Schleifstaubes sowie der Sprayteilchen macht die folgende Tabelle 7 deutlich.

Tabelle 7

	V.R.1	V.R.2	V.R.3	V.R.4	V.R.5	V.R.6
Borden-Airotor Handstück 1. Ausgabe	149,25 T/cm ³	170,17 T/cm ³	213,69 T/cm ³	174,26 T/cm ³	--	180,43 T/cm ³
Siemens Sirona-Turbine	268,71 T/cm ³	410,20 T/cm ³	526,88 T/cm ³	470,64 T/cm ³	--	446,26 T/cm ³
Phantomversuch neues Handst. 2 Düsen	428,65 T/cm ³	571,56 T/cm ³	664,05 T/cm ³	547,00 T/cm ³	292,60 T/cm ³	456,80 T/cm ³

Daraus ist ersichtlich, dass die mittleren Dichten beim Borden-Airotor am niedrigsten liegen, was ich auf den älteren Apparat zurückführen möchte. Das Handstück war schon 2 Jahre im Gebrauch, und es stellte sich heraus, dass Messungen bei Leerlauf ca. 200 000 - 250 000 U/min ergaben, die Turbine also nicht ihre

volle Leistungsfähigkeit hatte.

Bei der Sirona-Turbine sind die mittleren Dichten schon doppelt so hoch verglichen mit dem Borden-Airotor. Die hohen Zahlen, die bei dem Phantomversuch errechnet wurden, führe ich weniger auf die konstanteren Bedingungen als vielmehr auf die neue Borden-Airotor Turbine zurück. (Tourenzahl im Leerlauf: 300 000 U/min)

In allen drei Fällen zeigen sich aber charakteristische Unterschiede beim Vergleich der einzelnen Versuchsreihen. Dabei ist zu erwähnen dass die Reihen, mit welchem Apparat sie auch gewonnen wurden, gleiche Tendenz aufweisen. (Siehe Tabelle 7 u. 8) So sind die höchsten Werte bei der Versuchsreihe 3 zu entdecken, das bedeutet also, dass man beim Präparieren in der linken oberen Kieferhälfte am stärksten von den aus dem Mund des Patienten herausgeschleuderten Partikeln bei sitzender Arbeitsweise getroffen wird. Es folgen dann mit geringeren Teilchendichten Versuchsreihe 4 und 2.

Wie sich die Verhältnisse in den drei Fällen ähneln, wird noch offensichtlicher, wenn man die Summe der mittleren Dichten für jeden Fall = 100% setzt und die prozentualen mittleren Dichten in jeder Versuchsreihe errechnet. Damit erhält man gleichzeitig einen indirekten Beweis für die Richtigkeit der Messmethode.

Tabelle 8

	V.R.1	V.R.2	V.R.3	V.R.4	V.R.6
Borden-Airotor	16,44 %	19,25 %	24,18 %	19,72 %	20,41 %
Sirona-Turbine	12,66 %	19,32 %	24,82 %	22,17 %	21,03 %
Phantomversuch	16,07 %	21,42 %	24,89 %	20,50 %	17,12 %

Die Erklärung dafür ergibt sich aus der Behandlungsmethode. Beim Behandeln von Zähnen in der linken oberen Kieferhälfte wird der Patient auf dem Stuhl hoch gesetzt, um die bei der Arbeit mit der Turbine erforderliche direkte Sicht zu haben. Der Spray prallt nun gegen die Zahnflächen und wird z.B. bei okklusalen Kavitäten schräg nach unten reflektiert. Da der Patient unumgänglicher Weise den Mund weit geöffnet halten muss, kann sehr viel Material herausgeschleudert werden.

Sowohl beim Behandeln der Frontzähne als auch beim Präparieren im Unterkiefer rechts können Staub- und Sprayteilchen verhältnismässig leichter ins Freie gelangen, weil im ersten Fall die Lippen keinen Schutz geben und im zweiten Fall die Wange aus behandlingstechnischen Gründen mit dem Spiegel abgehalten werden muss. Dagegen wird bei einer Kavitätenpräparation im rechten Oberkiefer viel Material durch die Wange zurückgehalten und schlägt sich auch in der Mundhöhle nieder. Dasselbe gilt auch für den linken Unterkieferbereich.

Aus den Tabellen 1 - 6 ist ersichtlich, dass das Maximum der ausgezählten Staubproben beim Borden-Airotor im Bereich von $150 - 250 \text{ T/cm}^3$ liegt, während es bei der Sirona-Turbine und den Phantomergebnissen wesentlich höher liegt, in den meisten Fällen bei 500 T/cm^3 und darüber.

Legt man einen Schnitt bei 250 T/cm^3 und berücksichtigt nur die Proben mit mehr als 250 T/cm^3 , so beträgt der Anteil der Proben, die sich über diesem Niveau befinden, in Prozenten ausgedrückt:

Tabelle 9

	V.R.1	V.R.2	V.R.3	V.R.4	V.R.6
Borden-Airotor	13 %	18 %	29 %	16 %	17 %
Sirona-Turbine	40 %	65 %	60 %	64 %	33 %
Phantomversuch	94 %	100 %	100 %	85 %	82 %

Auch aus dieser Uebersicht wird deutlich, dass z.B. Versuchsreihe 3 besonders hohe Staubwerte ergeben hat.

Ferner wäre es noch wünschenswert zu erfahren, ob hohe Werte von herausgeschleudertem Material von der qualitativen Beschaffenheit der Partikel abhängig sind.

Beim Ausbohren von alten Füllungen mit dem Borden-Airotor ergaben von 119 Staubproben 19 Werte von über 250 T/cm^3 , dagegen fielen bei 161 Proben, die lediglich Zahnschmelze als festen Bestandteil enthielten, 29 Proben an mit Werten von über 250 T/cm^3 . Umgerechnet entspricht das einem Verhältnis von 8 : 9, d.h. beim Ausbohren von Zahnschmelze wurden grössere Staub- und Spraymengen aus dem Mund des Patienten geschleudert, was sich vielleicht durch die Partikelgrösse erklären liesse, denn die schwereren Teilchen schlagen sich schneller, d.h. schon im Mund des Patienten nieder.

Anders sieht das Bild aber bei den mit der Sirona-Turbine gewonnenen Proben aus. Hier verhält es sich genau umgekehrt: Das Verhältnis ist ungefähr 2 : 1, d.h. die Füllmaterial enthaltenden Proben liegen in grösserem Ausmass über 250 T/cm^3 . Somit lässt sich eine irgendwie bestehende Abhängigkeit in Bezug auf die Qualität der Staubpartikel nicht bestimmen.

Da die für eine Statistik erforderlichen Voraussetzungen fehlen, wird auf sie aus folgenden Gründen verzichtet:

Die Forderung gleicher Messbedingungen wird nicht erfüllt, da die Anzahl der Staubteilchen von vielen nicht konstant zu haltenden Massnahmen und Umständen abhängt. Dabei kommt es auf die verwendeten Schleifkörper und Bohrer an, ferner ist die unterschiedliche Handhabung des Handstückes von Bedeutung, auch die Mundverhältnisse des Patienten spielen eine Rolle (grosse oder kleine Mundöffnung), Lage des Zahnes sowie Art der Kavität. Somit kann man also keine Werte aufstellen für ein absolutes Ausmass anfallenden Bohr-, Schleif- und Spraymaterials beim Behandeln mit Schnellstlaufgeräten.

VI. INFektionsGEFAEHRDUNG DES ZAHNARZTES DURCH MIKROORGANIS- MEN BEI ANWENDUNG DES TURBINENGERAETES ?

Im vorausgehenden Kapitel wurde aufgezeigt, in welchem Ausmass der Zahnarzt bei Anwendung des Turbinengerätes von Staub- und Sprayteilchen getroffen wird, die aus dem Mund des Patienten während der Behandlung herausgeschleudert werden. Es interessiert nun ferner, inwieweit diesem Material Keime anhaften, die auf eine Infektionsgefährdung für den Zahnarzt schliessen liessen. Dabei treten folgende Probleme auf:

Für den Nachweis von Mikroorganismen in Aerosolform ist nach Albrecht (9) deren vollständige Erfassung und Abscheidung auf einem geeigneten Medium erforderlich.

Eine quantitative Bestimmung soll möglich sein; zudem wäre eine Unterscheidungsmöglichkeit von Einzelkeimen und ihre zahlenmässige Erfassung selbst in Konglomeraten wünschenswert.

Das Bestimmungsverfahren muss einen Verlust der Lebensfähigkeit der Keime in weitestem Maße ausschliessen, da uns ja gerade die lebensfähigen Mikroorganismen interessieren. Ausserdem fordern verwertbare Ergebnisse eine grosse Elastizität des Untersuchungsverfahrens in Bezug auf die anfallenden Keimkonzentrationen.

Neben der physikalischen Seite des Keimnachweisproblems existiert nun noch eine biologisch², das heisst, die Mikroorganismen sollen nicht nur erfasst, sondern auch differenziert werden. Durch die Vielfalt ihrer Eigenschaften in Bezug auf Wachstums- und Lebensbedingungen tauchen dabei eine Reihe von Schwierigkeiten auf.

Die Erfassung der Keimaerosole gelingt auf verschiedenen Wegen, sei es durch Sedimentation, Trägheitskräfte, Ausschleudering, Waschung oder Fällung. Dabei wird sich die Art des Nachweisverfahrens nach den jeweils zu erwartenden Verhältnissen richten.

Die Differenzierung der Mikroorganismen erfolgt dagegen in der Weise, dass diese auf Selektiv-Nährböden gebracht und bebrütet werden, wobei den Wachstumsvoraussetzungen verschiedener Keime Rechnung getragen werden muss. Es entstehen dann Keimkolonien, die nach Art und Zahl bestimmt werden können.

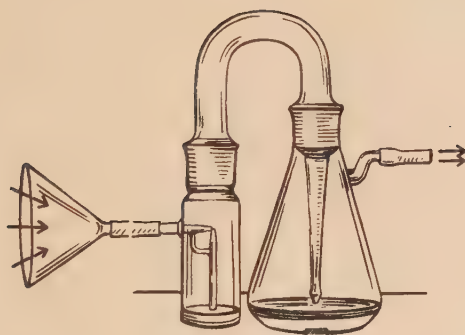
Die Methode der Ausschleuderung: "impingement".

Zu den gebräuchlichsten Methoden der quantitativen Bestimmung von Mikroorganismen zählen heute die nach dem Impingerprinzip arbeitenden. (9)

Im Impingergerät werden die in der Luft suspendierten Partikel in einer Kapillare beschleunigt und am Boden des mit Flüssigkeit gefüllten Gerätes ausgeschleudert. Diese Impingergeräte sind verschiedenartig modifiziert worden, sei es durch Veränderung des Ansaugerohrs oder Vorschalten eines Pre-Impingers oder einer Vernebelungskammer. Die Luftansaugung erfolgt durch Anschluss einer Vakuumpumpe, wobei sich die Förderleistung nach dem Widerstand des Leitungsweges richtet, jedoch mit einem vor die Pumpe geschalteten Rotameter bestimmt werden kann.

Dem Leistungsvermögen der Impingergeräte in Bezug auf die Abscheidung (Teilchen bis $0,5 \mu \phi$) und die verschiedene Verwendungsfähigkeit der in der Flüssigkeit angereicherten Keime steht der Nachteil des grossen Aufwandes gegenüber, da für jede Zählung ein steriles Gefäss notwendig und der Transport zum Labor umständlich ist. Ausserdem muss die Verarbeitung der Maschflüssigkeit mit grosser Sorgfalt durchgeführt werden, um Streuungsfehler zu vermeiden.

Vorausgegangene Untersuchungen von P. Rieth (4) liessen jedoch das Impingergerät in der Modifikation nach Moulton, siehe Abbildung 7, für den Nachweis der Mikroorganismen im Spraynebel bei der Turbinenanwendung als das geeignete erscheinen.



*Modifiziertes Moultongerät (links Vernebelungskammer und
Trichter, rechts Abscheidegefäß)*

Abb. 7. Modifiziertes Moultongerät.

VII. METHODIK

Zur Erfassung des den behandelnden Zahnarzt treffenden Spraynebels bei Anwendung der Turbine wurde nachstehende Gerätekombination gewählt:

Auffangtrichter - Modifiziertes Moulton-Gerät - Vakuumpumpe.

Das modifizierte Moulton-Gerät besteht aus drei Teilen, einer Vernebelungskammer, einem U-förmigen Verbindungsstück und einer Waschflasche.

Die Vernebelungskammer, eine kleine Flasche, besitzt seitlich eine etwa 4 mm ϕ grosse Ansaugöffnung, die sich auf 2 mm ϕ zu einer einfachen Vernebelungsdüse verjüngt. Ein in der Flasche befindliches Röhrchen, dessen unteres Ende etwa 1mm vom Flaschenboden entfernt ist, bildet mit seinem oben sich verjüngenden Ende und der Ansaugdüse einen rechten Winkel. Durch das U-förmige Glasrohr wird die Vernebelungskammer nun mit der Waschflasche verbunden, wobei noch zu bemerken ist, dass dieses U-Rohr in der Waschflasche zu einer etwa 1,2 mm ϕ Düse ausläuft, die den Flaschenboden nicht berührt.

An einem seitlichen Ausführungsröhrchen der Waschflasche wird nun der Gummischlauch angeschlossen, der die Verbindung zu der Vakuumpumpe vom Typ MP 2,4 herstellt. Die Förderleistung der Pumpe beträgt 40 l/min. Da infolge des Leitungswiderstandes ein Leistungsabfall vermutet wurde, musste die Leistung unter Versuchsbedingungen neu bestimmt werden. Die Vernebelungskammer wurde dazu mit 5cm³ Wasser und die Waschflasche mit 50 cm³ Wasser beschickt. Mit einem vor die Pumpe geschalteten Rotameter konnte man einen Luftdurchlauf von 20 l/min feststellen.

Die Wirkungsweise der oben beschriebenen Geräteanordnung besteht darin, dass die mit der Luft angesaugten Teilchen über den Auffangtrichter durch das Ansaugrohr und die Düse in die Vernebelungskammer gelangen. Hier entsteht ein Spray, der gegen die innere Kammerwand prallt. Die gröberen Tröpfchen

fließen in die Vernebelungskammer zurück, in der ein Teil der Keime verbleibt. Luft und kleinere Partikel, die mit Feuchtigkeit beschwert sind, erreichen über das U-förmige Verbindungstück die Waschflasche und werden in der Impingerflüssigkeit angereichert.

Als Impingerflüssigkeit wurde Zobell'sche Lösung verwendet:

1,00 gr. K_2HPO_4

0,2 gr. Cystin

2,5 gr. NaCl

0,75 gr. KH_2PO_4

0,1 gr. $MgSO_4$

0,01 gr. KCl

H_2O ad 1000 steril.

Die Vernebelungskammer wurde mit 5 cm^3 , die Waschflasche mit 50 cm^3 Zobell'scher Flüssigkeit beschickt.

Während des Bohr-oder Schleifvorganges mit dem Borden-Airotor (Typ 652, Turbinenkopf Borden-Airotor 60) wurde der Auffangtrichter des modifizierten Moulton-Gerätes in Höhe des Gesichtsbereiches des behandelnden Zahnarztes gehalten (sitzende Arbeitsweise). Die Pumpe wurde beim Ansetzen des Schleifkörpers in Betrieb gesetzt, bei jedem Absetzen ausgeschaltet. Um die durchgesaugte Luftmenge erfahren zu können, wurde die Pumpenbetriebszeit mit der Stoppuhr festgehalten.

Nach Abschluss der Behandlung sind Trichter und Moulton-Gerät in sterile Tücher vorsichtig eingeschlagen worden, um keine Verunreinigungen durch den Transport zum Labor zu erhalten. Dort habe ich das aufgefangene Material dann weiter verarbeitet. Zwischen Auffang und Verarbeitung ist im Höchstfall ein Zeitraum von 4 Stunden verstrichen.

Zur Bestimmung der Gesamtkeimzahl und zur Keimdifferenzierung wurde die Impingerflüssigkeit auf Spezialnährböden übertragen. Da schon makroskopisch ersichtlich war, dass ein Teil des aus dem Mund des Patienten herausgeschleuderten Spray auf dem Auffangtrichter verblieben war, wurde der Trichter mit einer bestimmten Menge sterilen Wassers mehrmals ausgewaschen. Diese Flüssigkeit übertrug ich ebenfalls auf Nährböden.

Zur Keimbestimmung und -differenzierung verwendete ich folgende Nährböden:

Agar

1000 ml Fleischwasser

10 gr. Pepton

3 gr. NaCl

2 gr. NaH_2PO_4

25 gr. Agar-Agar steril

Blutagar

Agar und 5 % defibriniertes Hammelblut steril

Pepton Milchagar * (zum Nachweis von Laktobazillen)

500 ml Aqua dest.

1000 ml Milch

40 gr. Milchzucker

30 gr. Traubenzucker

15 gr. Pepton-W.

0,5 cc 95 % Milchsäure

kochen und filtrieren

Zu 200 ml Filtrat 3,0 ml einer 10 %igen Tween-80-Lösung

0,03 gr. Na-acid

6,0 gr. Agar-Agar

gut mischen, fraktioniert sterilisieren

Agar auf p_H 5 einstellen

Zu 20 ml folgende Farbstoffe:

0,6 ml Lackmuslösung (Merck)

1 gtt. Kongorot (1 % wässrig.)

1 gtt. Methylorange (1 % alkohol.)

1 gtt. Loefflers Methylenblau

Streptokokken - Agar

10 gr. Pepton

10 gr. Fleischextrakt

10 gr. Glucose

1 gr. Thallium-Acetat

1 cm³ Tween-80

0,1 gr. Triphenyltetrazoliumchlorid

25 gr. Agar

H₂O ad 1000, p_H 6,0 einstellen steril

Dichromat - Agar (zum Nachweis von Staphylokokken)

950 cm³ fertiger Agar fl.

50 cm³ Serum oder Ascites

2 gr. Kaliumdichromat

1 cm³ Tween-80

ad 1000, p_H 6,8 steril

Endo - Agar (zum Nachweis von E. coli)

1000 cm³ Agar p_H 7,5

15 gr. Laktose

5 gr. konz. alkohol. Fuchsinlösung

25 cm³ einer 10 %igen Natriumsulfitlösung

Czapee - Dox - Medium (zum Pilznachweis)

1 l Aqua dest.

3 gr. NaNO₃

0,5 gr. KCl

0,5 gr. MgSO₄ . 7 H₂O

0,01 gr. FeSO₄ . 7 H₂O

0,001 gr. ZnSO₄ . 7 H₂O

0,5 gr. (NH₄)₂HPO₄

2 gr. CaCO₃ (10%)

50 gr. Traubenzucker

2 gr. Melasse

5 gr. Hefeextrakt

Ammoniumlaktat: Herstellung für 1 l Aqua dest. gesondert in

Erlenmeyerkolben, 5,6 cm³ Milchsäure und 2 gtt. Lackmus-
lösung mit konz. Ammoniak neutralisieren.

Nach Zugabe sämtlicher Chemikalien, Zucker, Melasse, Hefeextrakt,
Ammoniumlaktat dazugeben, schütteln. Darauf achten, dass p_H
zwischen 7,5 - 7,8 ist, sonst mit Ammoniak richtig einstellen.

Auf jeden dieser Nährböden übertrug ich 0,5 cm³ Flüssigkeit
aus dem Moulton-Gerät, nachdem ich vorher die Flüssigkeit der
Vernebelungskammer in die Waschflasche gegeben hatte.

Ebenfalls wurden 0,5 cm³ der Trichterwaschflüssigkeit auf
gesonderte Nährböden gebracht und eingespatelt. Die Bebrütungs-
zeit währte 48 Stunden. Die Keimzahlen wurden nach 24 und 48
Stunden bestimmt.

Das Untersuchungsmaterial stammte von 20 Patienten. Die nun
folgenden Tabellen geben Aufschluss über die Ergebnisse.

Berechnung der Keimzahlen in der gesamten Impingerflüssigkeit:

$$\frac{K \times 55 \times 10}{t \times 0,5 \times 20} = \text{Keimzahl in Litern Luft}$$

K = ausgezählte Keime

55 = cm³-Menge der Impingerflüssigkeit sowie der Trichterwaschfl.

0,5 = cm³-Menge, die in den Nährboden eingespatelt wurde.

t = Behandlungsdauer

20 = Luftdurchgang pro Minute.

Tabelle 10

Patient Geschl. Alter	Zahn	Prä- para- tion	Zs.	Ka.	Fm.	Beobacht. Zeit min. Sec.
S. m. 22	- 7	o	+		+	3' 45"
Z. m. 24	6 -	mo	+	+		5' 00"
P. m. 24	6 -	od	+	+		4' 30"
D. m. 9	6 -	o	+	+		5' 15"
K. m. 12	- 6	o	+	+		3' 00"
K. m. 24	+ 6	mo	+	+	+	6' 30"
G. m. 21	- 6	mo	+		+	3' 30"
Z. m. 22	6 -	od	+		+	9' 00"
N. m. 28	6 -	mo	+	+	+	4' 55"
Z. m. 24	76 +	o	+	+		11' 00"
B. m. 24	+ 4	od	+	+		3' 30"
S. m. 23	6 -	mo	+		+	5' 30"
S. m. 25	+ 45	mo od	+	+	+	6' 00"
S. m. 23	5 -	od	+		+	4' 35"
L. m.	+ 6	mod	+	+		4' 35"
E. w. 11	- V	od	+	+	+	5' 15"
B. w.	76 +	mo	+		+	10' 30"
L. m. 23	+ 6	o	+	+		7' 30"
S. m. 21	4 +	od	+	+	+	3' 45"
L. m. 23	6 + 7	o	+	+		10' 15"

Zs = Zahnsubstanz

Ka = Karies

Fm = Füllmaterial

m = mesial

o = okklusal

d = distal

Tabelle 11

Patient	S.m.22	Z.m.24	P.m.24	D.m. 9	K.m.12	K.m.24	G.m.21	Z.m.22	N.m.23	Z.m.24
Gesamtkeimzahl	719	308	354	1234	61417	530	110	363	943	55
Gram-pos. Kokken										
Staphylokokken	440	55	24	740	2750alb.	42	31	6	202	35
Streptokokken	147	110	-	432	58667	253	47	55 (haem.)	640 (haem.)	-
Gram-neg. Stäbchen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bakt. flavum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
E. Coli	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-
Sporenbildner	-	-	-	-	-	127	16	6	-	-
Pilze	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hefen	-	-	12	-	-	101	16	6	-	-
Nicht differenzierte Keime	132	143	318	62	-	17	-	305	90	15

haem. = haemolysierende Streptokokken

alb. = Staphylococcus albus

Tabelle 12

Patient	B.m.24	S.m.23	S.m.25	S.m.23	L.m.	E.w.11	B.w.	L.m.23	S.m.21	L.m.23
Gesamtkeimzahl	125	-	21048	159	384	115	130	162	289	102
Gram-pos. Kokken			18							
Staphylokokken	94	-	367alb.	24	219	21	16	-	-	-
Streptokokken	-	-	513	-	165	73	10	15	-	-
	-	-	37haem.	-	-	-	5haem.	-	-	-
Gram-neg. Stäbchen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bakt. flavum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E. coli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sporenbildner	31	nicht auszählb.	-	12	-	-	21	-	69	-
Pilze	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hefen	-	-	367	37	-	-	-	-	-	-
Nicht differenzierte Keime	-	-	19746.	86	-	21	78	147	220	102

haem. = haemolysierende Streptokokken
alb. = Staphylococcus albus

Da die nach 24 Stunden bestimmten Keimzahlen kein wesentlich anderes Bild als die nach 48 Stunden Bebrütungszeit abgaben, wurde auf ihre Wiedergabe verzichtet.

Ferner ist zu bemerken, dass hauptsächlich die Agar- und Blutagarplatten zur Auswertung kamen, da nur vereinzelt auf den Differentialnährböden, wie Endo-Agar und CDM, Mikroorganismen gewachsen sind. Durch mehrfache Ueberprüfung gilt eine fehlerhafte Beschaffenheit der Nährböden als ausgeschlossen. In der Erwartung höherer Keimzahlen wären demnach lediglich die Bebrütungsdauer und die Zeit zwischen Erfassung und Verarbeitung des angesaugten Materials als Fehlerquellen zu diskutieren.

Den Tabellen 11 und 12 mit den bakteriologischen Untersuchungsergebnissen kann man entnehmen, dass am häufigsten Staphylokokken in der Sprayflüssigkeit vorhanden waren und zwar sind sie 16 mal vertreten. Es folgen die Streptokokken der Viridansgruppe mit 11 maligem Vorhandensein; ausserdem wurden 4 mal haemolytische Streptokokken gefunden. Sporenbildner und Hefen waren noch häufiger, dagegen ist das Bakt. Flavum und E. coli nur einmal aufgetreten. Die Gesamtkeimzahl beträgt im Durchschnitt 358 Keime in 10 Litern angesaugter Luft, allerdings sind zwei Ausnahmen von 21 000 und über 60 000 Keime nicht für den Durchschnittswert herangezogen worden.

VIII. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Die Untersuchungen mit dem Konimeter HS zeigten, dass durch den Luft- und Spraystrom der Turbine ein mit Zahnsubstanzen, und Füllungsteilchen angereichertes Aerosol aus dem Mund des Patienten zurückgeworfen wird: und zwar geben sie darüber Aufschluss, in welchem Maß der behandelnde Zahnarzt (bei sittender Arbeitsweise) von diesem Material getroffen wird.

Während vorausgegangene Messungen von P. Riethe (4), welche Kenntnis von den mittleren Dichten des unmittelbar einwirkenden Bohrstaubes bei der elektrischen Bohrmaschine gaben, sich in den Grössen von $65,3 \text{ T/cm}^3$ und $86,8 \text{ T/cm}^3$ hielten, kommt Riethe bei gleichgerichteten Messungen mit dem Borden-Airotor auf ein Vielfaches dieser Werte nämlich:

373 T/cm^3 , 487 T/cm^3 , 434 T/cm^3 .

Die mittleren Dichten des einwirkenden Materials, die jetzt bei Anwendung des Borden-Airotors gemessen wurden, erreichen diese Werte nicht:

V.R.1 = $145,29 \text{ T/cm}^3$, V.R.2 = $170,17 \text{ T/cm}^3$, V.R.3 = $213,69 \text{ T/cm}^3$,
V.R.4 = $174,26 \text{ T/cm}^3$, V.R.6 = $180,43 \text{ T/cm}^3$.

Der Grund ist wohl durch die Abnutzung der Maschine gegeben, die keine volle Leistung mehr zeigte. Zudem bieten die früher erhaltenen Ergebnisse keine ideale Vergleichsmöglichkeit, da die Aufteilung in Versuchsreihen jetzt nach anderen Gesichtspunkten erfolgt ist. Um eine bessere Vergleichsmöglichkeit mit den Ergebnissen von Sirona-Turbine und Phantomversuch zu erhalten, wurden die bei Anwendung des Borden-Airotors gewonnenen Staubwerte so aufgeteilt, dass Proben von Zähnen eines Kieferabschnittes in einer Versuchsreihe zusammengefasst sind.

Die mittleren Dichten des Staub- und Spraymaterials bei Anwendung der Sirona-Turbine befinden sich in der Grössenordnung, die von Riethe mit dem Borden-Airotor erhalten wurden.

V.R.1 = 268,71 T/cm³, V.R.2 = 410,20 T/cm³, V.R.3 = 526,88 T/cm³,
V.R.4 = 476,64 T/cm³, V.R.6 = 446,26 T/cm³.

Am höchsten liegen die mittleren Dichten des Staubgehaltes beim Borden-Airotor im Phantomversuch. Wie schon erwähnt, sind dafür weniger die konstanten Bedingungen als vielmehr die voll leistungsfähige Turbine mit dem doppelten Düsenstrahl verantwortlich zu machen. Als mittlere Dichten wurden beim Phantomversuch folgende Werte erhalten:

V.R.1 = 428,65 T/cm³, V.R.2 = 571,56 T/cm³, V.R.3 = 664,05 T/cm³,
V.R.4 = 547,00 T/cm³, V.R.5 = 292,60 T/cm³, V.R.6 = 456,80 T/cm³.

Die ermittelte Abhängigkeit des auf den Zahnarzt einwirkenden Spraymaterials von der Lage der Zähne in den verschiedenen Kieferhälften verlangt einen Hinweis, ob es nicht möglich wäre, durch Aenderung der Arbeitsweise das Ausmass des einwirkenden Materials einzuschränken. Bei sitzender Arbeitsweise verhält es sich doch so, dass der Mund des Patienten sich etwa in Augenhöhe befindet, beim Arbeiten im Oberkiefer in direkter Sicht sogar noch darüber. Die herausgeschleuderten Spray- und Staubteilchen wirken auf diese Weise wie eine Dusche. Arbeitet der Zahnarzt im Stehen, so befindet sich der Mund des Patienten unterhalb der Gesichtshöhe des Behandelnden. Da nun nur der geringere Teil des Sprays nach oben sprüht, wird der Zahnarzt weniger getroffen. Ausserdem kann man die Behandlungstellung variieren, während man immer seitlich vor dem Patienten sitzt.

Liegt die Gefahr des einwirkenden Bohrstaubes auf der einen Seite darin, dass die Füllungs- und Zahnschmelzpartikel einen Fremdkörperreiz auf die Nasenschleimhaut und eine Reizung der Konjunktiven hervorrufen können, so war es doch von Interesse, ob dem Material anhaftende Keime auch eine Infektionsgefahr bedeutet. Büchs (10) hat seiner Zeit in kariösem Material folgende Mikroorganismen nachgewiesen: Streptokokkus pyogenes, Bakt. Proteus, Enterokokken, Aktinomyeten, Leptotricheen,

Hefen, haemolytische Streptokokken; bis auf die letztgenannten sind das aber alles keine Krankheitserreger. Erreger einer sogenannten "airborne" Infektion wären, Viren, Tuberkel-, Diphtherie- und Keuchhustenerreger, pathogene Staphylokokken und Streptokokken sowie Pneumokokken und Pilze.

Im Dentin fanden Gins (11) und Greve (12) lediglich Staphylokokken und Streptokokken.

Eine Infektionsgefahr würden aber für den Zahnarzt die sogenannten Keimträger bedeuten, die symptomlos pathogene Keime in der Mundhöhle beherbergen und ausscheiden. So findet man z.B. während der heissen Jahreszeit in der Mundhöhle dieser Menschen vermehrt Poliomyelitis- und Cocksackieviren. Ausserdem werden in den Uebergangs- und Wintermonaten mit ihrer erheblichen Zunahme bei Erkältungskrankheiten in verstärktem Masse Diphtheriebakterien, Pneumokokken und haemolysierende Streptokokken, Influenzabakterien und das Influenzavirus in der Mundhöhle angetroffen (nach Berger) (13).

Albrecht, Riethe und Wasielewski haben früher nachgewiesen, dass der zurückprallende Luftstrom des Nondolorgerätes und des Luftbläfers keine Infektionsgefahr bedeuten (2). Overdiek (14) meint dagegen, dass der mit Keimen behaftete Bohrstaub eine Belastung für den Körper darstellt, wenn auch keine Pneumokoniose zu befürchten sei. Nach Ansicht Schäfermeyers (15) wird aber der Bohrstaub schon auf der Schleimhaut der Mundhöhle und des Larynx niedergeschlagen und später ausgehustet, er bedeutet also für die Lunge keinen Schaden.

Riethe (3) konnte im Bohrstaub bei 100 Präparaten 90mal vergrünende Streptokokken nachweisen, es folgen in der Häufigkeit Staph. Alb. anhaem. mit 35 maligem Auftreten. In 2 Präparaten wurden haem. Staphylokokken in 2 weiteren Pneumokokken gefunden, einmal trat E.coli auf. In diesen Ergebnissen sieht Riethe keine Gefährdung des Patienten und des Zahnarztes beim Einatmen der Bohrschubstanzen, obwohl sie ihrer Grösse nach durchaus lungengängig wären.

Eichner und Lenk (16) zeigten in einem Phantomversuch, dass eine Infektionsgefährdung für den Behandler bei Anwendung des Turbinengerätes nicht besteht. Es wurden mit Bakterien (*Serratia marcescens*) beimpfte Füllungen ausgebohrt. Die Wachstumsfähigkeit der Bakterien vor dem Versuch und im Füllmaterial stand fest. Die mit dem ausgebohrten Material beschickten Agarplatten zeigten kein Bakterienwachstum. Auch Haut-, Nasen- und Rachenabstriche des Behandlers fielen negativ aus. Für das Fehlen der Bakterien gibt Eichner folgende Gründe an:

1. Die Hitzeentwicklung ist im Augenblick des Abriebs so gross, dass die Bakterien zugrunde gehen.
2. Hochfrequente Erschütterung bewirkt Vernichtung der Bakterien.
3. Die Bakterien werden durch Zerrspannung vernichtet.

Zu 1 ist zu bemerken: Da aus dem Untersuchungsbericht nicht eindeutig hervorgeht, ob die Phantomzähne beim Ausbohren intensive Spraykühlung erhielten, und Temperaturen von 65° - 135°C theoretisch genügen, um Mikroorganismen in kurzer Zeit abzutöten (17), könnte man die Hitzeentwicklung für den negativ ausgefallenen Bakteriennachweis verantwortlich machen. Es entsteht ja schon beim Bohren mit einem Rosenbohrer Nr. 8 bei 7000 U/min eine Temperatur von 120°C .

Zu 2 und 3 : Da es sich bei Ultraschallbestrahlung ebenfalls um eine hochfrequente Erschütterung handelt, der aber die Mikroorganismen ohne Schädigung etwa 10 - 15 min. bei 10000 Hertz ausgesetzt werden können (13), halte ich Punkt 2 und 3 als Ursache für den negativen Keimbefund für unwahrscheinlich.

Die mit dem Moulton-Gerät durchgeführten Untersuchungen des Keimgehaltes des aus dem Patientenmund geschleuderten Aerosols enthielten am häufigsten Staphylokokken (75 % der Fälle), es folgen vergrünende Streptokokken (55%), mehrmals wurden noch Hefen und Sporenbildner gefunden sowie haemolytische Streptokokken. *E.coli* und *Bakt. flav.* traten nur einmal auf. Ausser 2 Präparaten mit Gesamtkeimzahlen von 21 000 und über 60 000 in 10 Litern angesaugter Luft war der Mittelwert gering: 358 Keime in 10 Litern Luft,

Bei Rieth haben ähnliche Untersuchungen mit dem Moulton-Gerät wesentlich höhere Werte ergeben:

Die Gesamtkeimzahlen liegen dort zwischen 1749 und 31540 Keimen in 10 Litern Luft. Der Unterschied kommt wohl daher, dass in den vorausgegangenen Untersuchungen das ganze herausgeschleuderte Material aufgefangen wurde, während jetzt nur der direkt auf den Behandelnden gerichtete Spraystrahl zur Auswertung kam.

Nun vermögen Zahlen über vorhandene Keime ja noch keinen Aufschluss über ihre Gefährlichkeit zu geben. Die Infektionsgefahr wird zwar auch durch die Menge bestimmt, aber es kommt vor allem auf die Virulenz der Keime an, und schliesslich ist noch die Abwehrlage des Körpers von entscheidender Bedeutung. (18) Ein geschwächter Körper wird also auch bei weniger massiertem Auftreten von Erregern infektionsbereiter sein.

Nach Rosenau (19) atmet der Mensch in einer Grosstadt (London) etwa 300 000 Keime pro Tag ein, ohne gesundheitlichen Schaden davonzutragen.

Zusammenfassung.

Somit wäre über die Infektionsgefährdung des Zahnarztes bei Anwendung der Schnellstlaufgeräte zusammenfassend zu sagen:

Die bei der hohen Tourenzahl erforderliche Wasserspraykühlung bringt es mit sich, dass der behandelnde Zahnarzt von einem aus dem Mund des Patienten reflektierten Aerosol getroffen wird. Der erbrachte Nachweis von dabei mitgerissenen wachstumsfähigen Mikroorganismen stellt jedoch aus folgenden Gründen kein Maß für die Gefährdung des Zahnarztes dar: (in Anlehn. an Berger)

1. Pathogenität der Mikroorganismen

Z.B. Staphylokokken: Die Staphylokokken sind am häufigsten nachgewiesen worden; ihre Pathogenität wurde nicht bestimmt; apathogene Staphylokokkenarten sind Bestandteil der normalen Mundflora.

Vergr. Streptokokken: Bei den vorgenommenen Untersuchungen stehen sie in der Häufigkeit des Auftretens an zweiter Stelle; sie bilden den Hauptbestandteil der Mundflora mit 60 - 90 %.

Haem. Streptokokken: Sie wurden vereinzelt nachgewiesen; sie sind häufig pathogen; bei vereinzelter Auftreten stören sie wahrscheinlich das biologische Gleichgewicht in der Mundhöhle nicht.

2. Virulenz der Mikroorganismen

Sofern die Pathogenität von Mikroorganismen erwiesen ist, käme es darauf an, ob sie in der Lage sind, den Abwehrkräften des befallenden Organismus zu widerstehen und Angriffstoffe zu bilden.

3. Resistenz

Die Resistenz stellt die Widerstandskraft gegen eindringende Erreger dar. Da die Mundhöhle eine stark ausgeprägte lokale Resistenz aufweist, werden nur dahin gelangende Keime beim Behandler kaum eine Infektion hervorrufen.

4. Immunität

Natürlich erworbene oder künstlich erreichte Immunität gegen gewisse Erreger schützt den Zahnarzt vor Erkrankungen, andererseits bedeutet eine schlechte Abwehrlage Gefährdung.

Obwohl somit kein allgemein geltender Beweis für eine bestehende oder nicht bestehende Infektionsgefahr erbracht werden kann, ist darauf hinzuweisen, dass die im reflektierten Aerosol vorhandenen festen Bestandteile - Füllmaterial und Zahnsbstanzen - und das fein verteilte Öl zu Reizungen der Nasenschleimhaut und der Konjunktiven führen können. Diesen Gefahren kann man auf verschiedene Weise begegnen:

1. Wahl der geeigneten Arbeitsweise

Nach Möglichkeit ist beim Behandeln mit der Turbine die sitzende Tätigkeit zu vermeiden. Steht man beim Behandeln mit der Turbine, so lässt sich ohne Mühe und Zeitaufwand der Standplatz variieren und man kann somit dem Spraystrahl besser ausweichen. Ferner kommt es auf die Haltung des Handstückes an, denn die Abflugrichtung der Späne richtet sich nach dem Ansatz des Bohrkörpers.

2. Zusätzlicher Augen-, Nasen- und Mundschutz

Die Augen können durch eine Brille geschützt werden und ein in jeder Klinik gebräuchlicher Mund-Nasenschutz aus Mull verhindert das Eindringen der Teilchen in den Atmungstrakt. Ausserdem ist von einer Firma ein transparenter Gesichtsschild herausgebracht worden.

Die während der Behandlung mit den Schnellstlaufgeräten gemessenen Staubwerte von zum Teil mehr als 1000 Teilchen pro cm^3 Luft sollten doch eindringlich genug darauf hinweisen, dass den einfachsten Geboten der Hygiene Rechnung zu tragen ist.

LITERATURVERZEICHNIS

- (1) R. Jaeger Turbinengerät noch nicht praxisreif.
ZM Nr. 20/819/1959
- (2) J. Albrecht Ueber die Infektionsmöglichkeit bei An-
P. Riethe u. wendung des Nondolor-Gerätes, Luftblä-
E. v. Wasielewski sers und Wassersprays, Zahnärztl. Welt
Nr. 8/333-336/1953
- (3) J. Albrecht Ueber die Infektionsmöglichkeit durch
P. Riethe u. Bohrstaub, Zahnärztl. Welt Nr. 9/599-
E. v. Wasielewski 600/1954
- (4) P. Riethe Ueber die Infektionsmöglichkeit bei An-
wendung von luftgetriebenen Schnellst-
laufgeräten. DZZ Nr. 3/353-358/1960
- (5) K. Fuhr Kavitätenpräparationen mit höchsten
Umdrehungszahlen, Zahnärztl. Praxis
Nr. 10/11/13-5-7/1959
- (6) J. Kluczka u. Zur Frage der Sterilisation von Hand-u.
Gewalt Winkelstücken unter bes. Berücksichtigung
d. Turb.winkelstücke mittels d. Sterivit-
Verfahrens, Zahnärztl. Welt Ref. 62/610/
1961
- (7) D. Hasenclever Staubmessgeräte und ihre Anwendung in der
Praxis, Verhandl. der Dtsch. Ges. für
Arbeitsschutz, Bd. 2/255/1954
- (8) D. Hasenclever Bestimmung des Feinstaubgehaltes der
Luft, Chemie-Ingenier-Technik 26/180/
1954
- (9) J. Albrecht Methoden zum Nachweis von Mikroorganis-
men in Aerosolform, Vortrag, 3. Aerosol-
kongress, Bad Lippspringe 1957 u.a.
- (10) W. Büchs Zahnärztl. Rundschau 63/173-178/1953
- (11) H.A. Gins Einführung in die Bakteriologie, München
1949
- (12) H. Chr. Greve Die Zahnkaries, Stuttgart 1949
- (13) U. Berger Mikrobiologie der Mundhöhle 179/184/1955
- (14) H.F. Overdiek Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Vor-
trägen, 13/224/1953

- (15) C.P. Schäfermeyer In Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in
Vorträgen 13/224-225/1952 und Zahnärztl.
Welt 3/67/1953
- (16) K. Eichner Ergebnisse wissenschaftl. Untersuchungen
zum hoch- und höchsttourigen Bohren und
Schleifen, DZZ 3/192-209/1960
- (17) D.C. Hudson u. Temperature developed in rotating dental
W.T. Sweeney cutting instruments, J.Amer. Dent. Ass.
48/127/1954
- (18) F. v. Bormann Dtsch. med. Wochenschr. 63/173-178/1954
- (19) M.J. Rosenau Preventive Medicine and Hygiene, New York
London 1954

Herrn Privatdozent Dr. Dr. P. Riethel danke ich herzlich für die Ueberlassung des aktuellen Themas, sowie für die Anregungen und die Unterstützung bei der Ausführung dieser Arbeit.

Ebenso bin ich Herrn Privatdozent Dr. Sven Carlson für die Bereitstellung eines Laborplatzes sowie von Material und für die Durchsicht des bakteriologischen Teils meiner Arbeit sehr dankbar.

LEBENS LAUF

Am 18. November 1935 wurde ich als Tochter des Zahnarztes Dr. Bodo Nickel und seiner Ehefrau Traute geb. Abraham in Königsberg/Pr. geboren. Im März 1955 legte ich am Goldberg-gymnasium in Sindelfingen/Württ. die Reifeprüfung ab. Mein Studium begann ich im Sommersemester 1955 in Würzburg; dort bestand ich im Herbst 1957 die zahnärztliche Vorprüfung. Nach 2 klinischen Semestern in München und 3 weiteren in Mainz erhielt ich am 15. Juli 1960 die zahnärztliche Approbation. Im Januar 1961 begann ich in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Zahn- und Kieferkranke zu Heidelberg mit der Fachausbildung für Kieferorthopädie. Seit August 1961 bin ich mit dem Diplomphysiker Dr. Siegfried Galster verheiratet.

Heidelberg, d. 17.2.1962

Doris Galster

